

(51)Int.Cl.⁵
F 25 B 9/00識別記号 311
府内整理番号 7409-3L

F I

技術表示箇所

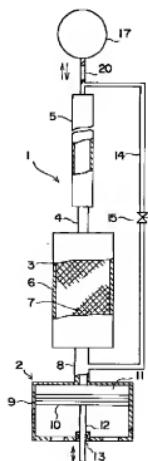
審査請求 未請求 請求項の数 5(全 8 頁)

(21)出願番号	特願平4-249988	(71)出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22)出願日	平成4年(1992)9月18日	(72)発明者	大谷 安見 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内
		(72)発明者	栗山 透 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内
		(72)発明者	中込 秀樹 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内
		(74)代理人	弁理士 鈴江 武彦
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パルスチューブ冷凍機

(57)【要約】

【目的】効率の高いパルスチューブ冷凍機を提供する。
 【構成】寒冷発生器1は、蓄冷器3と、低温熱交換器4と、パルスチューブ5とを直列接続して構成されている。蓄冷器3の入口8は往復動式のガス圧縮機2に接続されており、パルスチューブ5の終端部はボーラスブレグ20を介してバッファータンク17に接続されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも蓄冷器とバルスチューブとを直列接続してなる寒冷発生器と、ガス圧縮機と、前記バルスチューブの終端部に接続されたバッファータンクとを備え、前記ガス圧縮機で圧縮された冷媒ガスを前記蓄冷器を経由させて前記バルスチューブ内へ導いた後に逆の経路で前記ガス圧縮機に吸込ませるように構成されてなるバルスチューブ冷凍機において、前記バルスチューブの終端部と前記バッファータンクとの間にボーラスブルグを介在させてなることを特徴とするバルスチューブ冷凍機。

【請求項2】前記蓄冷器の入口と前記バルスチューブの終端部とがダブルインレット通路で接続されていることを特徴とする請求項1に記載のバルスチューブ冷凍機。

【請求項3】少なくとも蓄冷器とバルスチューブとを直列接続してなる寒冷発生器と、ガス圧縮機と、前記バルスチューブの終端部に接続されたバッファータンクとを備え、前記ガス圧縮機で圧縮された冷媒ガスを前記蓄冷器を経由させて前記バルスチューブ内へ導いた後に逆の経路で前記ガス圧縮機に吸込ませるように構成されてなるバルスチューブ冷凍機において、前記バルスチューブの終端部が該終端部に直接接続されたオリフィスバルブを介して前記バッファータンクに接続されてなることを特徴とするバルスチューブ冷凍機。

【請求項4】前記蓄冷器の入口と前記バルスチューブの終端部とが該終端部に直接接続された調節バルブを持つダブルインレット通路で接続されていることを特徴とする請求項3に記載のバルスチューブ冷凍機。

【請求項5】少なくとも蓄冷器とバルスチューブとを直列接続してなる寒冷発生器と、シリンダとピストンとで構成された圧縮室を備えるならびに往復動式のガス圧縮機と、このガス圧縮機の前記ピストンを往復動させる駆動手段とを備え、前記ピストンの往動に伴って前記圧縮室で圧縮された冷媒ガスを前記蓄冷器を経由させて前記バルスチューブ内へ導いた後、前記ピストンの復動に伴わせて逆の経路で上記冷媒ガスを前記圧縮室に吸込ませるように構成されてなるバルスチューブ冷凍機において、前記ピストンが前記冷媒ガスによるガスね定数より小さくばね定数を有したばねで支持されてなることを特徴とするバルスチューブ冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、バルスチューブ冷凍機に係り、特に効率の向上を図れるようにしたバルスチューブ冷凍機に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、構成が比較的簡単で、しかも到達温度も比較的低い冷凍機としてバルスチューブ冷凍機が知られている。このバルスチューブ冷凍機には種々のタイプがある。何れも基本的には、蓄冷器とバルスチューブ

とを直列接続してなる寒冷発生器を備え、高圧の冷媒ガスを蓄冷器を経由させてバルスチューブ内へ導いた後に逆の経路で排出膨張させることによってバルスチューブ内に寒冷を発生させるようしている。

【0003】ところで、このようなバルスチューブ冷凍機において、寒冷の発生量を増加させるためには、バルスチューブ内の圧力変動の位相と冷媒ガスの変位の位相との間に位相差を持たせる必要がある。このようなことから、従来のバルスチューブ冷凍機では、位相差を設けるための系統を設けているものが多い。図7には位相差を設けるための系統を備えた従来のバルスチューブ冷凍機が示されている。すなわち、図7中1は寒冷発生器を示し、2はガス圧縮機を示している。

【0004】寒冷発生器1は、蓄冷器3と、この蓄冷器3に対して低温熱交換器4を介して直列に接続されたバルスチューブ5とで構成されている。蓄冷器3は、断熱材あるいは熱伝導率の低い金属材で形成された容器6内にステンレス鋼や鋼のメッシュなどで形成された蓄冷材7を収容したものとなっている。バルスチューブ5は、断熱材あるいは熱伝導率の低い金属材でパイプ状に形成されている。

【0005】蓄冷器3の入口8は、ガス圧縮機2に接続されている。ガス圧縮機2は、シリング9とピストン10とで構成された圧縮室11を備えてなる往復動式のものである。ピストン9の背面にはピストンロッド12の一端側が接続されており、このピストンロッド12の他端側はガイド機構13にガイドされて図示しない往復動駆動源に連結されている。

【0006】一方、バルスチューブ5の終端部と蓄冷器3の入口8との間に、これらを通じさせる、いわゆるダブルインレット通路用の配管14が設けてあり、この配管14の途中には冷媒ガスの流量を調節するためのバルブ15が設けられている。また、バルスチューブ5の終端部はオリフィスバルブ16を介してバッファータンク17にも通じている。そして、上記のように接続された系内には、たとえばヘリウムガス等の冷媒ガスが所定圧力に封入されている。

【0007】このように構成されたバルスチューブ冷凍機では、ピストン10が図中上方に向け往動し、圧縮室11内の容積が小さくなると、圧縮された冷媒ガスが、一方においては蓄冷器3内を通ってバルスチューブ5内へ流れ込み、他方においては配管14を介してバルスチューブ5内およびバッファータンク17内へ流れ込む。また、ピストン10が図中下方に向け復動すると、バルスチューブ5内の冷媒ガスは、一方においては蓄冷器3内を通って圧縮室11内に流れ込み、他方においては配管14を介して圧縮室11内に流れ込む。

【0008】このような冷媒ガスの流れに伴ってバルスチューブ5内に圧力変動が生じ、寒冷が発生する。この寒冷の一部は低温熱交換器4を介して被冷却物を冷却す

る。また、残りは冷媒ガスが逆の経路で戻るときに蓄冷材7の冷却に供される。

【0009】このとき、バルブ15およびオリフィスバルブ16の開度を調節することによって最適な運転状況を作り出すことができる。すなわち、配管14、バルブ15、オリフィスバルブ16およびバッファータンク17は、前述した位相差の形成に寄与している。

【0010】しかしながら、上記のように構成された従来のバルスチューブ冷凍機にあっては、前述した位相差の調節範囲がガス圧縮機2によって制限されたため、位相差を十分に大きくすることが困難で、たとえば低温部に膨張ビストンを備え、このビストンによって強制的に位相差を持たせるようにしたスターリング冷凍機より効率が低いと言う問題があった。また、シリンド9とビストン10との間の摺動抵抗によって圧縮効率が低下し、これも冷凍機の効率を低下させる一因となっていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述の如く、従来のバルスチューブ冷凍機にあっては、低温部に可動部を必要としない利点を備えているが、効率が低いという問題があった。そこで本発明は、上述した利点を損なうことなく冷凍効率の向上を図れるバルスチューブ冷凍機を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、本発明の一実施例に係るバルスチューブ冷凍機では、少なくとも蓄冷器とバルスチューブとを直列接続してなる寒冷発生器と、ガス圧縮機と、前記バルスチューブの終端部に接続されたバッファータンクとを備え、前記ガス圧縮機で圧縮された冷媒ガスを前記蓄冷器を経由させて前記バルスチューブ内へ導いた後に逆の経路で前記ガス圧縮機に吸込まれるように構成し、かつ前記バルスチューブの終端部と前記バッファータンクとの間にボーラスプラグを介在させている。

【0013】

【作用】バルスチューブの終端部とバッファータンクとの間にボーラスプラグを介在させているので、オリフィスバルブを介在させたものに較べてバルスチューブ内の圧力変動の位相と冷媒ガスの変位の位相との間の位相差を大きくでき、この結果、効率を向上させることができるもの。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照しながら実施例を説明する。

【0015】図1には本発明の一実施例に係るバルスチューブ冷凍機の概略構成が示されている。なお、この図では図7と同一要素部分が同一符号で示してある。したがって、重複する部分の詳しい説明は省略する。

【0016】この実施例に係るバルスチューブ冷凍機が従来の冷凍機と異なる点は、バルスチューブ5の終端部

とバッファータンク17との間に適度な細密通気路を持つボーラスプラグ20を介在させたことがある。

【0017】このような構成であると、冷凍原理そのものは従来の冷凍機と変わらないが、オリフィスバルブに代え、ボーラスプラグ20を設けたことによってバルスチューブ5内の圧力変動の位相と冷媒ガスの変位の位相との間の位相差を大きくでき、効率を向上させることができるのである。

【0018】図2には実施例に係るバルスチューブ冷凍機と図7に示した従来のバルスチューブ冷凍機との80Kにおける冷凍能力特性が示されている。なお、実験に用いた冷凍機は次のようなものである。ガス圧縮機2は内径6.0mm、ストローク1.5～3.0mm、蓄冷器3は軸方向長さ1.0mmで内径3.4mmおよび2.8mmの2種類、バルスチューブ5は内径1.8mm、軸方向長さ1.50mm、バッファータンク17は内容積が1.000ccである。

【0019】図において、横軸は運転周波数を示している。図中破線が従来の冷凍機の特性を示し、実線が本実施例に係る冷凍機の特性を示している。本実施例に係る冷凍機では、寒冷発生量を増加できるので、従来の冷凍機に較べて高い冷凍能力特性を発揮している。

【0020】なお、冷凍機によっては、ダブルインレット用の配管14を備えていないものがあるが、このような冷凍機においてもボーラスプラグ20の使用は効果を発揮する。

【0021】図3には本発明の別の実施例に係るバルスチューブ冷凍機が示されている。この図においては図1と同一要素部分が同一符号で示されている。したがって、重複する部分の詳しい説明は省略する。

【0022】このバルスチューブ冷凍機が前記実施例と異なる点は、バルスチューブ5の終端部が、この終端部に直接接続されたオリフィスバルブ21を介してバッファータンク17に接続されるとともに上記終端部に直接接続された調節バルブ22を介してダブルインレット用の配管14に接続されていることにある。

【0023】このような構成であると、冷凍原理そのものは従来の冷凍機と変わらないが、バルスチューブ5とオリフィスバルブ21との間の配管容積およびバルスチューブ5と調節バルブ22との間の配管容積をそれぞれなくすることができるので、バルスチューブ5内の圧力変動の位相と冷媒ガスの変位の位相との間の位相差を大きくでき、効率を向上させることができるので、到達最低温度を低くできる。なお、ダブルインレット用の配管14を備えていないものについても上記関係にオリフィスバルブ21を設けることによって効果を期待できる。

【0024】図4には本発明の別の実施例に係るバルスチューブ冷凍機が示されている。この図においても図1および図7と同一要素部分が同一符号で示されている。したがって、重複する部分の詳しい説明は省略する。このバルスチューブ冷凍機が先の実施例と異なる点は、ガ

ス圧縮機 2 a の構成とガス通流系統にある。

【0025】ガス圧縮機 2 a は、シリンドラ 3 1 とピストン 3 2 とで構成された圧縮室 3 を備えてなる往復動式のものである。シリンドラ 3 1 の底部壁は閉じられており、ピストンロッド 3 4 は上記底部壁を気密に、かつ摺動自在に貫通して図示しない、たとえばボイスコイルモータ式の駆動装置に連結されている。そして、圧縮室 3 3 は蓄冷器 3 の入口 8 に接続されており、またピストン 3 2 を底にして圧縮室 3 3 とは反対側に形成された背面室 3 5 は配管 3 6 および流量調整用のバルブ 4 3 を介してバッファーテンク 1 7 に接続している。

【0026】シリンドラ 3 1 の周壁は二重構造に形成されており、内側壁 3 7 はセラミックで形成されている。ピストン 3 2 の外周面には環状溝が形成されており、この環状溝にはシリンドラ 3 1 とピストン 3 2 の間にシールするシールリング 3 8 が装着されている。このシールリング 3 8 は環状溝内に装着されたばね 3 9 の力によって内側壁 3 7 に弱く押付けられている。さらに、ピストンロッド 3 4 の外部に突出している部分には鈍 4 0 が設けられており、この鈍 4 0 と静止部材 4 1 との間にピストン 3 2 を含む可動部分を支持するためのコイルばね 4 2 が装着されている。このコイルばね 4 2 のばね定数は、ピストン 3 2 に作用する冷媒ガスのガスばね定数より小さい値に設定されている。

【0027】このような構成であると、ピストン 3 2 が図中上方に向け往動し、圧縮室 3 3 内の容積が小さくなると、圧縮された冷媒ガスが、一方においては蓄冷器 3 内を通過するバルスチューブ 5 内へ流れ込み、他方においては配管 1 4 を介してバルスチューブ 5 内およびバッファーテンク 1 7 内へ流れ込む。このとき、バッファーテンク 1 7 内の一部の冷媒ガスは配管 3 6 を介して背面室 3 5 内へと流れる。また、ピストン 3 2 が図中下方に向け往動すると、バルスチューブ 5 内の冷媒ガスは、一方においては蓄冷器 3 内を通過して圧縮室 3 3 内に流れ込み、他方においては配管 1 4 を介して圧縮室 3 3 内に流れ込む。このとき、背面室 3 5 内の冷媒ガスが配管 3 6 を介してバッファーテンク 1 7 内に流れ、バッファーテンク 1 7 内の冷媒ガスが配管 1 4 内とバルスチューブ 5 内へ流れれる。このような冷媒ガスの流れに伴ってバルスチューブ 5 内に圧力変動が生じ、寒冷が発生する。

【0028】そして、この場合には、ピストン 3 2 に作用する冷媒ガスのガスばね定数より小さいばね定数に設定されたコイルばね 4 2 でピストン 3 2 を含む可動部分を支持しているので、ピストン 3 2 が傾くようなことはない。したがって、シールリング 3 8 が、いわゆる片当たりする事がないので、シリンドラ 3 1 とピストン 3 2 との間に確実にシールできるばかりか、摺動抵抗を小さくでき、結局、冷凍機としての効率を向上させることができる。また、この構成であると、ピストン 3 2 の重量を調節してピストン 3 2 の共振周波数を冷凍効率の大き

い周波数帯に一致させることができる。したがって、冷凍効率を一層向上させることができる。図 5 にはバルスチューブ冷凍機の使用例が示されている。

【0029】ここには断熱容器の内槽をバルスチューブ冷凍機で冷却している例が示されている。すなわち、図中 5 1 は断熱容器の内槽を示し、5 2 は外槽を示し、5 3 は内槽 5 1 と外槽 5 2 の間に形成された真空断熱層を示している。

【0030】真空断熱層 5 3 内には、1 段蓄冷器 3 a、低温熱交換部 4 a、1 段バルスチューブ 5 a が直列に接続されている。また、低温熱交換部 4 a は 2 段蓄冷器 3 b、内槽 5 1 に熱的に接続された低温熱交換部 4 b を介して 2 段バルスチューブ 5 b に接続されている。この例の場合、2 段バルスチューブ 5 b は、軸方向の長さが 1 段バルスチューブ 5 a の 2 倍以上に設定されている。そして、2 段バルスチューブ 5 b の外周面で軸方向の中間位置と低温熱交換部 4 a が熱伝導体 5 4 で接続されている。また、1 段蓄冷器 3 a の入口は、外槽 5 2 を気密に貫通して設けられた配管 5 5 を介してガス圧縮機 2 に接続されている。同様に、1 段バルスチューブ 5 a の終端および 2 段バルスチューブ 5 b の終端は、それぞれ外槽 5 2 を気密に貫通して設けられた配管 5 6、5 7、オリフィスバルブ 1 6 a、1 6 b を介してバッファーテンク 1 7 a、1 7 b に接続されている。

【0031】このような配置であると、低温熱交換部 4 a および低温熱交換部 4 b の温度が低くなり、この低温で内槽 5 1 が冷却されることになる。また、この場合には 2 つのオリフィスバルブ 1 6 a、1 6 b および 2 つのバッファーテンク 1 7 a、1 7 b を露出させることができるので、調整および保守の容易化を図ることができる。このように配置されるバルスチューブ冷凍機においても、先に各実施例において説明した手法を採用して冷凍効率を向上させることができる。図 6 にはバルスチューブ冷凍機の別の使用例が示されている。

【0032】一般に、真空断熱層を備えた断熱容器では、輻射による熱侵入を防止するために真空断熱層内に熱シールド板を設け、この熱シールド板を所定温度に冷却することが行われている。図 6 に示す例では、熱シールド板の冷却と熱シールド板の支持とをバルスチューブ冷凍機で行なわせている。すなわち、図中 6 1 は断熱容器の内槽を示し、6 2 は外槽を示し、6 3 は内槽 6 1 と外槽 6 2 の間に形成された真空断熱層を示し、6 4 は真空断熱層 6 3 内に内槽 6 1 を囲むように配置された熱シールド板を示している。

【0033】外槽 6 2 と熱シールド板 6 3 の間にバルスチューブ冷凍機の蓄冷器 3 とバルスチューブ 5 が外槽 6 2 に対して熱シールド板 6 4 を支持する支持材を兼ねて配置され、また低温熱交換部 4 が熱シールド板 6 4 に熱的に接続されている。なお、図中 6 5 は液体ヘリウム等の極低温液体を示し、6 6 は断熱支持材を示してい

る。

【0034】この例では、1箇所だけにパルスチューブ冷凍機を設けているが、熱シールド板64を支持している複数の断熱支持材66の全部あるいは複数個をパルスチューブ冷凍機に置換てもよい。

【0035】なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。すなわち、上述した各実施例は、蓄冷器内全体に同一組成の蓄冷材を充填しているが、たとえば蓄冷材としてステンレス鋼のメッシュと銅のメッシュとを用いる場合には、ステンレス鋼のメッシュを蓄冷器の高温側に、銅のメッシュを蓄冷器の低温側に充填することによって効率を向上させることができる。つまり、比熱の大きいものを低温側に充填すればよい。また、図4に示される以外のパルスチューブ冷凍機では、往復動式のガス圧縮機以外のガス圧縮機に代えてもよい。この場合には、吐出、吸込みを切換えるためのバルブを必要とすることは勿論である。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、効率の高いパルスチューブ冷凍機を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係るパルスチューブ冷凍機の概略構成図

【図2】同冷凍機の80Kにおける冷凍能力特性を從来の冷凍機のそれと比較して示す図

【図3】本発明の第2の実施例に係るパルスチューブ冷

凍機の概略構成図

【図4】本発明の第3の実施例に係るパルスチューブ冷凍機の概略構成図

【図5】パルスチューブ冷凍機の使用例を説明するための概略図

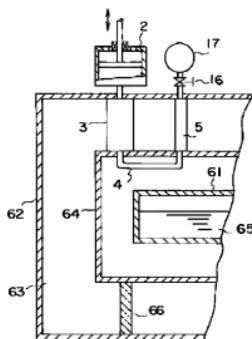
【図6】パルスチューブ冷凍機の別の使用例を説明するための概略図

【図7】従来のパルスチューブ冷凍機の概略構成図

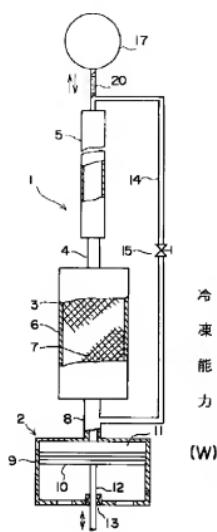
【符号の説明】

1…寒冷発生器	2, 2a…ガス圧縮機
3…蓄冷器	4…低温熱交換器
5…パルスチューブ	14…配管
15…調節バルブ	16…オリフィスバルブ
17…バッファータンク	20…ボーラスブルグ
21…オリフィスバルブ	22…調節バルブ
31…シリンダ	32…ピストン
33…圧縮室	34…ピストンロッド
35…背面室	36…配管
37…内側壁	38…シールリング
39…ばね	42…コイルばね

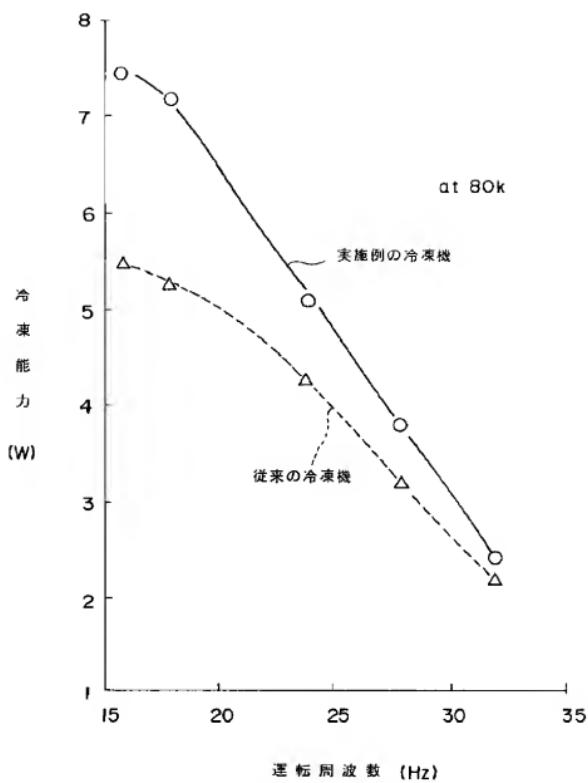
【図6】



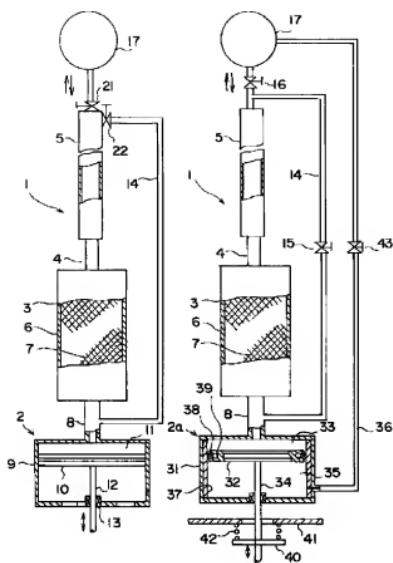
【図1】



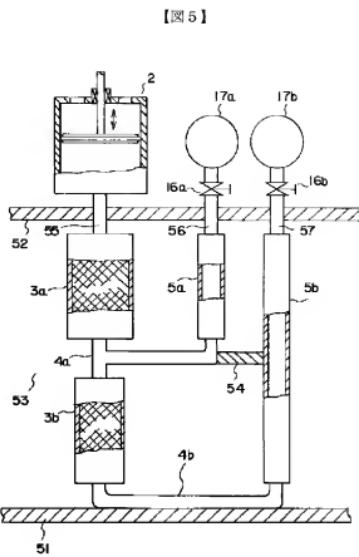
【図2】



【図3】

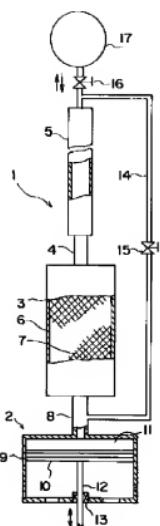


【図4】



【図5】

【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 松原 洋一
千葉県船橋市大穴北2-3-3